幾種蝗科昆蟲的腹聽器

徐鳳早　劉維德　沈立美

(中 國 科 學 院)

一、導　　言

賓蓋爾在 1804 年首先有腹聽器的描述，格拉褒 (1876，1882)[7,8]，史瓦拜(1906)[12]等曾加以仔細的研究，十多年前(1938年)亥爾絲[9]又加以證實。因爲世界各地所產的昆蟲種類不同，這些作者所用的材料，均非中國習見的，甚至是在中國尋不着的昆蟲。例如史瓦拜所研究的昆蟲(*Oedopoda coerulescens, Mecosthetus grussus, Chrysochraon brachypterus, Gomphocerus rufus, G. annatenatus, Stenobothrus parallelus, S. variabilis, S. viridulus, Psophus stridulus, Acridium aegypticum*)，其中僅 *G. rufus, Oedipoda coerulescens* 和 *Psophus stridulus* 3 種產生在中國北部省份裏，其餘的種類在中國昆蟲名錄上都是尋不到的。又如亥兒絲所研究的沙漠飛蝗(*Schistocerca gregaria* Forsk.)其分佈限於從非洲到亞洲西部波斯(即現在的伊朗)這一個區域；和中國所產的飛蝗，也不是一種。相反的，在中國也有很多常見的和有害的蝗科的昆蟲，例如稻蝗(*Oxya intricata* St.)，春米郎(*Acrida turrita* L.)和中國飛蝗(*Locusta migratoria manilensis* Meyer)等等，它們的腹聽器卻從來沒有人仔細研究過。

根據過去學者的研究，蝗科昆蟲的腹聽器可以分爲 3 類：第 1 類爲外露式，沒有聽蓋，聽器的後緣並不高起，因此聽膜全部露出；第 2 類爲掩蓋式，聽蓋中等大小；聽膜下陷，一部份被聽蓋遮掩；第 3 類爲囊袋式，聽蓋很發達，將聽膜全掩，僅餘一狹縫通於外。據過去的記載，*Rhomalea centurio* 和 Pamphaginae 與 Pyrogomorphinae 兩個亞科中的昆蟲具有外露式的聽器；Acridinae, Oedipodinae 和 Catantopinae 3 個亞科中的昆蟲具有掩蓋式的聽器；而 Acridinae 亞科中有些昆蟲 (例如 *Stenobothrus viridulus, Gomphocerus antennatus, G. rufus*)則具有囊袋式的聽器。

倘若依照聽膜上的聽體多寡，蝗科昆蟲的腹聽器又可用另外的方法來分成 4 類：(1)僅有 1 聽體 (Pyrogomorphinae 亞科)；(2)有 2 聽體 (Pamphaginae 亞科)；

(3)有 3 聽體(*Paulinia* 屬)；(4)有 4 聽體(Acridinae 亞科)。現在我們所研究的稻蝗，春米郎和飛蝗聽膜上均有 4 個聽體，應屬於第 4 類，也是最複雜的一類。

我們爲了澈底了解中國蝗科昆蟲腹聽器的結構起見，特將該器官的解剖和組織作了精細的研究。本文中的記載大部份以稻蝗的腹聽器爲根據，飛蝗和春米郎僅用作比較的資料，因爲這 3 種昆蟲腹聽器的結構是大同小異，而稻蝗的分佈最普遍，材料也最容易得到。除此之外我們也將研究的幾點心得，在另一節裏作了概略的討論。

二、材料和方法

本研究用了 3 種蝗科昆蟲作材料：(1)稻蝗，屬 Catantopinae 亞科；(2)春米郎，屬 Acridinae 亞科；(3)飛蝗，屬 Oedipodinae 亞科，在這 3 種昆蟲中，稻蝗和春米郎在上海附近是極其普遍而易採，飛蝗則採自江蘇省洪澤湖濱之盱眙縣老子山麓。材料採到後立刻固定在堵、霸二氏 (Duboscq-Brasil) 液中。此液爲固定昆蟲神經和感官的良劑；又可作保存劑，因此材料可以無限期的留置其中而無絲毫的損壞，爲了便利起見，依照目的底不同，我們將研究技術分爲二段敘述：

(1)整封法：先用小剪刀將腹聽器從固定好的昆蟲身上剪下，在聽器外圍須留上一圈幾丁。剪下的聽器須立刻放在半注95%酒精的小皿中。此時在雙筒鏡下再修剪一次，把外圍不必要的幾丁剪去，並除去聽器裏面的肌肉。以後遞傳至水，用曙紅或海登韓氏蘇木精染色，去水封藏，均與常法無異。

(2)切片法：我們切片都是用石蜡切片法做的，不過在灌蜡之前，一直是用苯來代替二甲苯，以減少材料的脆硬度。用此法將蜡片切成 6—8μ 厚度時，大部分是完好的；祇有邊圈是不免破壞，還有梨狀體整個的被拉出原位，其附近的幾丁亦不免隨之拉破。爲補救這個缺點，我們曾把剪下來的聽器，一度浸在製成的 Diaphanol 液中 4 天至 1 週，如此則現用的材料，切片時可免破碎了。聽器封入石蠟之後，我們即不能辨別它的原來的方位，因此即很難依照我們所需要的方向來作切片。惟有在起初修剪幾丁的時候，預留下一種標誌，方能避免這種困難。我們按照聽器的長徑(圖 5, AB)，短徑(CD)，聽膜面依次定爲縱切，横切，平切等。這 3 種切面的命名，完全是任意的；僅僅乎是爲了便利，和昆蟲體軸沒有關係。

三、一般的形態

蝗科昆蟲的腹聽器有一對；在腹部第1節，每邊一個(圖1,To)。在稻蝗(圖1)此節的側面約爲三角形，聽器在其下方。聽器前方有一斧狀幾丁突，尖端向下，後緣略彎曲，迴抱於三角形的氣孔板之前。聽器的面積約當第1腹節側面的面積三分之一。聽器的本身由於3個幾丁板圍繞着一片聽膜所做成。前板(圖2,Sf)爲三角形，中央有一氣孔，我們因之稱氣孔板。第2塊板(R)是環狀，從氣孔板上端起，經過聽器的上方和後方圍到下方中點，我們稱之爲邊圈。邊圈在稻蝗並不發達成聽蓋；僅似半環，圍繞着整個的後聽區的後緣。在春米郎(圖7)和飛蝗情形則不同：邊圈向上弓起，形成了一個相當大的聽蓋，掩蓋了一部分聽膜；同時聽器好像是一個小凹，聽膜也陷入到蟲體內若干度。第3塊板(Pa)在聽器的下方，與氣孔板和邊圈左右相接；成椅墊狀；可稱爲墊板，亦稱下聽葉。此葉在飛蝗特別發達，向後突出成一薄片，將聽膜遮去大半。

其次我們再觀察聽膜，它大略成半圓形，或與人類外耳殼的形狀相似。仔細看來它可以分爲前聽區(圖2和圖7,Tfa)和後聽區(Tfp)兩部。前聽區同氣孔板和墊板相鄰接，後聽區則被邊圈所包圍。又後聽區平滑發亮；前聽區的表面則具有無數的幾丁小刺，排成若干斜紋。其實後聽區亦有小刺，不過形體更小，不易覺察而已。

在雙筒鏡下，聽膜上的4個幾丁體很容易看得清楚：(1)錐狀體(圖2，圖6，圖7,C)位於前聽區和後聽區的接界處，形如一小囊，囊口向外；(2)溝狀體(F)斜向後下方，兩緣分開成叉狀；(3)柄狀體(S)，表面呈薄片狀，向上方伸出，愈至末端愈薄；(4)梨狀體(P)，位於聽膜的後聽區，梨尖則永遠是遙指着錐狀體的外口。前3種聽體互相連接構成一複體，我們稱之爲"複聽體"；祇有梨狀體是單獨存在的。梨狀體是一個小黑點子，用一個手持的擴大鏡即可以看得很清楚；其實祇要留心，肉眼也能辨別得出。

現在我們利用整封的片子，來作進一步的觀察。第一件事我們要說明的，就是在整封的片子裏，聽器受了蓋玻片壓力，形狀或多或少都不免要有了些改變；但是各種結構却顯得非常清楚；因此整封的片子，卻能給我們很大的幫助。第二件事是在整封的片子中，經過蓋玻片的壓過，器官擺得比較平，容易測量出它的大小。第三件事是聽神經和聽神經節掩蓋的聽膜的裏面，在活的蟲體上作觀察，一點也看不

到；但是在整封的片子裏，我們可以很清楚的把它們看出了。

蝗科昆蟲的腹聽器多爲半圓形，測量很爲不便；因此我們假設出兩個直徑，即在圖 5 中表示的 AB 或 CD。依照這兩根的線的方向取出最大的距離，作爲測量腹聽器大小的標準。表 1 中的數目字表明稻蝗，春米郎或飛蝗聽器的大小；但這些數字僅係用來供作爲參考，並非經過精細的統計學方法計算來的，在這裏也必須要聲明一下。

表 1.

昆蟲的種類		AB(mm)	CD(mm)
稻蝗		1.27	0.96
春米郎	(雌)	2.08	1.37
	(雄)	1.51	0.93
飛蝗		2.56	1.49

我們曾經說到過聽膜上有 4 個幾丁聽體，現在利用整封的片子，來把它們作進一步的研究。

第一個先說錐狀體。此體由於聽膜上的幾丁下陷，形成了一個小凹穴，形如小囊，向外開口。在稻蝗(圖 6,C)，猛看外口的形狀，好似一長方形；仔細的觀察，形狀却是很特別。上下兩邊都是向外弓曲，但是下邊略短。前邊略成一直線，而直線上有小的波紋；後邊則具有一個顯著的半圓摺片，掩蓋了外口的一小部分。在口的外面還是一個薄膜，掩蓋着口的下方約三分之一。此膜與溝狀體的後緣相密接。在很好的整封片子裏，我們可以很清楚的看到一層大型的表皮細胞包圍在幾丁錐體的外面。

從錐狀體的兩邊生出了兩個另外的聽體：一個是伸向後下方的溝狀體(F)，一個是伸向上方的柄狀體(S)。從表面看：柄狀體是由聽膜一部分形成的一個薄片。在稻蝗(圖 6,S)。接近錐體的一端比較狹，向另一端去則漸漸變寬，頂緣呈半圓形。在很多的標本中柄狀體的末端和聽膜間看不出顯明的分界，因此不能確定此體的眞實的形狀。在切片中我們在柄狀體的基部看見另一個片狀的突起。此突起向內伸入，包圍在錐狀體的外面，但並不和表皮細胞相接觸。史瓦拜分此體爲二部分：一部分是表面的基片，一部是向內伸入的梢片，他所以稱這個幾丁聽體爲柄狀體是因爲它具有一個向內深入的梢片，而表面基片宛如一柄。我們從整封片子裏祇能看到基片，梢片是看不出的。這梢片的結構如何，且待以後再說。

現在再談一談溝狀體(F)。它是從聽膜上向外凸出的一個溝狀摺，兩邊略向內摺，形成此體兩個緣；後緣是永遠比較顯著。兩個緣向末端去漸漸變淡，最後消失。前面已經說過後緣的起點和掩蓋錐狀體外口的薄膜相密接。在春米郎(圖 7)和飛蝗，這前後兩緣漸漸離開成一叉狀，中間滿佈着染色甚深的大型細胞核，但是在稻蝗(圖 2 和圖 6,F)，這兩緣並不離開成叉狀。在後緣的外面有一長條幾丁存在，在整封的片子裏，看起來是黃色。當我們用海登韓氏蘇木精染色時，可以看見許多劍鞘體附着在溝狀體的後緣上，這些劍鞘體排成一行，每個劍鞘體和上述後緣相垂直。

最後再談梨狀體(P)，它的位置是單獨的，不和複聽體相連接，前面已經說過；梨尖永遠是指着錐狀體的外口，離錐狀體還有相當的距離。史瓦拜說："這梨狀體在大小，形狀和位置上並沒有什麼變異"。但是根據我們的觀察，在不同的蝗蟲裏，它的形狀並不是完全一樣；例如在稻蝗它的形狀多少有些橢圓形，而在春米郎和飛蝗，靠近梨尖的部份突然細瘦，格外近於梨形。不過沒有經驗的觀察者對於這樣不太明顯的異點往往容易忽略過去。我們將梨狀體的大小和它與錐狀體的距離，作過一度測量，結果見表 2；

表 2.

昆蟲種類		梨狀體的大小		和錐狀體的距離
		長	寬	
稻蝗		98.0μ	58.8μ	164.3μ
春米郎	雌	82.1	95.8	136.9
	雄	82.1	54.8	136.9
飛蝗		98.0	48.4	196.0

在梨狀體和錐狀體的中間，有一索狀的結構在聽膜裏面存在。這個結構史瓦拜叫做紡錘狀突起，還帶上一個腫節。我們知道這個結構確是代表一羣劍鞘體單元，所謂腫節即是這些單元上的末端細胞；因此我們叫它爲單獨劍鞘器，覺得較爲明確的多了。這個劍鞘器的末端細胞附着在和梨尖相距不遠的地方，附着點是在幾個大的表皮細胞中間。

蝗科昆蟲的腹聽器可用作劍鞘體示範的好材料；祇要整封的片子做得還滿意，劍鞘體的結構即非常清楚。根據我們的經驗，用曙紅染色可以得到很好的結果。劍鞘體(圖 3, Sc)和末端細胞核(Nd)可以染成深紅色；在高倍鏡下，軸絲(Af)也能看得清晰。用海登韓氏蘇木精染色也很好，但是退色很難恰到好處；製片的成功和

失敗，要看各個人的經驗和努力而定。

四、組織學

1. 聽膜和聽體

在切片裏，聽膜的後聽區(圖 10, B)是非常的薄(在稻蝗和春米郎大約 1μ)，厚度也很一致。但前聽區(A)就比較厚得多(在稻蝗約 4.9μ；在春米郎約 14.6μ)，並且有無數小刺排成若干斜紋。這些小刺粗而短，大小不一致；僅是聽膜表面幾丁的突起，並無神經細胞通入(圖 10,Mt)。除此之外，還有少數分散的細毛，它們和小刺不同，每個都有一神經細胞通入。這些細毛屬於另外一類的感官，我們稱爲毛狀感官，這裏不必細述。在後聽區也有無數的小刺，因爲它們形體格外微小，通常不易辨別得出，但是在油鏡下，我們仍然可以看清楚的。聽膜的中部還有類似同心圓的結構。

梨狀體一般的講來是由聽膜變來的一個實心的幾丁結。在稻蝗，外面平滑；在春米郎則兩邊凸出，而外面又滿生出强壯的小刺。在這兩種昆蟲中，梨狀體的裏面都襯上一層表皮細胞，這些細胞分明是屬於聽膜下表皮細胞層的一部份，但在此處，細胞體積加大，又遠不似他處膜下細胞來得扁薄。

錐狀體的幾丁壁當然是由於該處表皮細胞分泌做成的，因此它亦是由多數多角形的板片拚砌而成。一般說來，這些板片的表面是光滑的，但是在高倍鏡下仔細觀察，可以發覺這些板片的表面都具有平均分佈着非常微小的點子，後者代表異常不發達的小刺。包圍錐狀體的表皮細胞比較一般的膜下細胞大得多；通常是錐狀，尖端向着錐腔。在稻蝗，這些細胞基部細胞質裏具有顯明類似肌肉纖維的結構(圖 12)；但在春米郎這樣的纖維就難尋着，因此全部細胞質顯得頗爲勻淨。

在稻蝗和春米郎溝狀體的橫切面中，幾丁向外凸出，兩緣略向內捲入；後緣尤其捲得利害些，也比前緣厚得多(圖 9A)，也就是在這個加厚的部位，附着了那個彎轉劍鞘器的末端細胞。在幾丁下面所襯貼的一層表皮細胞，切片略呈方形，每個細胞含有一個大而圓的細胞核，但是從溝狀體的表面來觀察這些表皮細胞彼此間界限分劃並不清晰，它們的細胞核或是多角形，或是不規則，大小也不一定。另外有一層薄膜將溝狀體的內腔和他部份隔開；這薄膜是由一些扁形細胞和它們所生出的纖維所組成，一端也附着在溝狀體後緣加厚的部份。在這樣封閉的溝腔中，常常發見不定形的大細胞；它們有大而圓的細胞核，薄薄的一層細胞質；有時遊離在腔

中，有時附着於腔壁：我們推想它們大約是昆蟲的血細胞。總結以上所述，我們並沒有發現任何像史瓦拜所說的可能具有嗅覺功用的結構。

柄狀體具有兩臂已如前述：一個臂是基片(圖 4, Bp)，另一個臂是梢片(Ep)。基片扁平，由聽膜一部份變成；梢片自聽膜向裏伸入，包圍在錐體的上方。兩片約互成直角。而實際梢片除形態扁平之外，向錐狀體的一面則略隨錐狀體的形狀而作弓曲，和錐狀體彼此相適合。梢片的末端具有幾個齒槽，在這些齒槽裏，附着了基部劍鞘器的末端細胞。在基片的表面那裏，幾丁非獨扁平而不高起，並且光滑無刺。這裏所描寫的一切結構，在稻蝗如此，在春米郎也是一樣。

2. 劍鞘器

每一腹聽器祇有一聽神經節；它的自然的位置是緊靠在錐狀體的下方，下端接連着一條細小的聽神經。在切片中(圖 8)這聽神經節是由許多大的神經細胞組成。這些神經細胞呈梭形：一端延長構成聽神經，一端接上劍鞘體。它們的細胞核是圓形，或卵圓形，體積大，染色質比較少，分散，染色淺，——這些都是感官中神經細胞的特色。在神經細胞體的後角上往往有神經衣的細胞核；此核切面多爲扁形，長卵形，或不規則的形狀；在聽神經中也有此種細胞核存在，它們的長軸和聽神經的長軸同一方向。

聽神經節中的神經細胞，末端延長和劍鞘體相接；再加上中間細胞和末端細胞，構成了若干劍鞘器單元。這些單元可以分作 4 羣，每羣自成一劍鞘器，因此我們給予每羣一個適當名稱。

(1) 單獨劍鞘器(圖 8,Is)：——此器趨向梨狀體，附着點在梨尖近處。

(2) 基部劍鞘器(圖 4,Bs)：——此器在錐狀體的底面下，附着點在柄狀體梢片的齒縫中。

(3) 側面劍鞘器(圖 8,Ls)：——此器附着點在錐狀體的側壁上。

(4) 彎轉劍鞘器(圖 8:Ins)：——此器的劍鞘體，漸次轉變方向，最後乃指向聽器的後方，附着點在溝狀體的後緣線上。

爲得更深切的了解這 4 種劍鞘器，我們覺得有更詳細描述的必要。

(1) 單獨劍鞘器是從聽神經節中分出來的一個索狀結構，包含了 8 個(春米郎)或 9 個(稻蝗和飛蝗)劍鞘器單元(即有 8 至 9 個劍鞘體)；位於錐狀體和梨狀體之間，與梨狀體有密切的關係。此器的神經細胞在聽神經節中移向前端，因此位置在側面劍鞘器和彎轉劍鞘器的劍鞘體之間。單獨劍鞘器的神經細胞末梢和中間細

胞構成一細索，並且沿着本身的長軸紐轉了半圈。末端細胞爲長錐形，基部膨大，形成了索端的腫節；劍鞘體(圖 3,Sc)的前半節即埋入這個腫節裏面，而後半節則露出腫節之外。末端細胞內含有支持纖維(Fs)，愈近附着點愈粗；附着點在距梨尖不遠的地方。劍鞘體的數目我們可以在整封的片子裏數出，也可以從連續的切片中數出。在聽器的橫切面裏，這索狀的單獨劍鞘器並不是和聽膜平行的，它是和聽膜斜交，約成 30 度角。

(2) 基部劍鞘器約包含 15 個劍鞘器單元，因此約含 15 個劍鞘體。在聽器的平切片子中，這些劍鞘體和末端細胞都位於錐狀體的底面；它們的軸線很長，在未曾進入劍鞘體之前，往往作紐轉。末端細胞長錐形，尖端附着在柄狀體的梢片的齒縫裏(圖 4)。依照史瓦拜的意見，聽神經末梢在附着的部份分爲兩部，中間有一長的空隙將那兩部份隔開；當靠近錐狀體的場合，這兩部又合而爲一。依照我們的觀察，基部劍鞘器和側面劍鞘器的中間，確有一個長空隙將它們分開。這空隙是因爲神經節自身作了一個轉折，切面正好經過了轉折的上下兩部份和中間的空隙；而基部劍鞘器和側面劍鞘器在靠近錐狀體的場合，並沒有重行合起來的現象。

(3) 側面劍鞘體約由30個劍鞘器單元組成。其中很少數的劍鞘體是直對着錐狀體側壁的；大多數的劍鞘體的位置略爲傾斜，或是附着於錐狀體側壁的上部或是附着於下部。此處所說的上部和下部都是就自然位置來講的，若是將錐狀體外口向上來置立，我們即應該說左右二部了。

(4) 彎轉劍鞘器約含有 20 個劍鞘器單元，略成扇狀；因此遮掩了一部份的單獨劍鞘器的神經細胞。在這扇形的結構中，劍鞘體漸漸的移指腹聽器的後方；同時它們的位置也離聽膜的表面愈近，也即離溝狀體後緣部份的幾丁愈近了。在聽器的橫切面裏，大多數的劍鞘體在聽神經節中依着螺旋道排列，鞘頂結起初向着錐狀體所在的方向，及至到了彎轉劍鞘器的部份，鞘頂結慢慢由指向錐狀體的方向經過指向聽器的上方而至指向後方。此種螺旋的排列，我們在春米郎中看得特別清楚(圖 9, A-D)。照此講來，是不是這些劍鞘器單元並未明顯的分成 4 羣麽？雖然這些劍鞘器單元是作連續的和螺旋式的排列，但依照它們的附着點的不同，分成 4 羣，命名爲 4 種劍鞘器，確有不少的便利。

以上已經將 4 種劍鞘器弄清楚之後，我們對於某些蝗科昆蟲的腹聽器(具有 4 個聽體的)，可得到一個簡明的概念，即是：一個腹聽器是由於 3 片幾丁框板，圍繞一片聽膜而成。聽膜上有 4 個幾丁體：一個孤立的梨狀體，另外 3 個爲錐狀體，柄

狀體和溝狀體，構成了一個複聽體。這 4 個聽體各有它自己的特殊的形態，各有一個劍鞘器與之作密切的連合。聽神經自聽器的下方來，至錐狀體附近則膨大成聽神經節，中含多數神經細胞；再進一步則分出 4 個劍鞘體：單獨劍鞘體趨附於梨狀體，基部劍鞘器馳向錐狀體的底面，側面劍鞘體附着錐狀體的側面，彎轉劍鞘器則展開成扇形，以溝狀體後緣爲終點。這 4 個劍鞘器所含的劍鞘器單元在聽神經節中大致循螺旋道排列，中央包圍着一個螺旋的空隙。每個劍鞘器的細胞排成 3 列：神經細胞在聽神經節中，排列不太整齊；第 2 列爲中間細胞；排列較爲整齊；最末一列爲末端細胞和聽體相連結。每一個中間細胞的末端有一劍鞘體（英文名感覺棒）；其基部的外面有一空胞，並有一軸線自劍鞘體的後端小孔通入體內。

3. 劍鞘器單元的結構

在我們所研究的 3 種蝗科昆蟲的腹聽器裏，一切的劍鞘器單元的結構，大致相同。每一劍鞘器單元包含着 3 個細胞——末端細胞，中間細胞和神經（或感覺）細胞，它們作望遠鏡式的裝置(圖 13)。

末端細胞(又名帽覆細胞，Cd) 似一長錐體；尖的一端附着在幾丁上，粗的一端套在中間細胞末梢的外面。細胞質中有多數支持小纖維(Fs)，集合於附着點，除此以外並無任何顆粒。細胞核(Nd)或爲圓形，或爲卵形；倘爲卵形，長軸與細胞軸一致。在細胞核中，染色粒聚合成若干小塊，有些染色特別深。末端細胞彼此用原形質橋和小纖維相連接，因此連繫得很牢固(圖 14)。

中間細胞(又名包被細胞，Cm)有兩尖端：一端含一劍鞘體，被末端細胞所包圍，另一端則套在神經細胞的末梢上。細胞核的一般形態和末端細胞的核相差無幾，祇是核中的染色粒排得更緊密一些罷了。細胞質染色很淡，呈細網狀。約當劍梢體基部外面有一空胞(V)。此胞用堵、覇二氏液固定時，內裏空無所有。

神經細胞係梭形(Cs)。每一神經細胞有兩個細而長的突：近心突趨向聽神經；遠心突被中間細胞所包圍，一直向前延長最後穿入了劍鞘體的內腔。神經細胞核大而圓，染色淺；細胞質少量，其中包含一軸線。在我們所研究的材料中這個軸線(Af) 係來自神經細胞體，原來約爲 12 個似波浪彎曲的小纖維；及至到達中間細胞的胞核附近，就全數合攏來，做成一根軸線。在普通情形之下，那些作波浪彎曲的小纖維，在神經細胞核的附近，即不十分清晰；但很少的時候，我們確看見它們延到核的後方，再延長到聽神經裏去。

在我們現在所研究的腹聽器裏，所有的劍鞘器單元都是屬於單絲型，那就是

說：它們劍鞘體的頂端沒有頂絲。每一個劍鞘體(Sc)為一圓筒形的結構；中心空，兩頭略尖。壁上有縱突 12 條；縱突有 3 處加厚(壁突節)，在筒上成 3 圈 (K, Am, Ab)。在劍鞘體的橫切面上(圖 13B, α-ϕ)中間一圈有 12 個壁縱突；但有時僅數出10個，這可能由於固定劑的作用，將其中一兩對合併起來了。基部的一圈 (Ab) 很明白的為 6 個：這個數目是固定的，而體積却加大了一倍，因此我們相信此處劍鞘體的壁縱突在自然情況下由12條已合併成 6 條了。末端一圈壁縱突加厚的程度特別厲害，構成了鞘頂結(K)。但無論如何，諸突並未完全融合為一整塊，因為各突尚隱約可辨，在它們的中央更留下了一個孔隙(β)。

從劍鞘體的腔中，可以看見一根軸線。當其未進入鞘腔時，軸線還是相當的粗；及至已入鞘腔，軸線即漸漸變細，終於消失不可尋覓。然而在劍鞘體的橫切面中，我們可以一路追踪這軸線直到鞘頂結，由是可知軸線最後是附着在這個鞘頂結上。

我們也曾將劍鞘體和劍鞘器單元中各種細胞的核測量過，從表 3 中可以知道稻蝗和春米郎的身體的大小雖相差很遠，劍鞘體的大小和我們所測過細胞核的大小，到是相差有限。

表 3

結構			稻蝗(雌)	春米郎(雌)
劍鞘體	劍鞘	長	19.5-21.9	19.5-21.9
	劍鞘	寬	2.3	2.4
	鞘頂結	長	2.7	2.9
	中圈加厚	長	3.0	3.0
	基圈加厚	長	6.1	7.3
細胞核	末端細胞	長	13.7	14.6
		寬	6.7	6.1
	中間細胞	長	9.8	9.8
		寬	7.3	7.3
	神經細胞	長	14.6	14.6
		寬	14.6	14.6

五、討　　論

尹目司在他一本昆蟲學敎科書(1948)[10]中談到蝗科昆蟲的腹聽器，曾這樣說："兩個角質的突和一個精緻而滿注淸液的梨狀小囊與米樓氏器密切的聯繫着；它們可能有傳導聽膜的振動到感官之功用"。現在姑不論他所假定的功用確否？即就滿注淸液的梨狀小囊的事實言之，却有商榷的必要。早在 1906 年史瓦拜[12]曾經指出梨狀體係一實心的幾丁結構；他從未將它當作像小囊般中空物而且滿注淸液的。後來尤瓦洛夫(1928)[13]也是深信史瓦拜的結果。根據我們的研究，稻蝗等聽膜上的梨狀體毫無疑義地是一個實心的幾丁結構(圖 11,A 和 B)，因此我們完全同意史瓦拜的見解。

但是史瓦拜對於溝狀體的見解，我們即不能同意了。史瓦拜以爲溝狀體具有一特殊的神經，內部包含一個特殊的感覺器，有若干小孔通到外面。史瓦拜又以爲由於不斷地有節奏的呼吸運動，空氣即繼續的進入了蝗科昆蟲的嗅腔(指錐狀體腔)；因此他主張溝狀體和哺乳動物的鼻腔一樣，有嗅覺的功用。但是我們研究結果確和史瓦拜不同：在溝狀體中除卻聽膜下的表皮細胞和遊離的血細胞以外，既沒有看到任何與哺乳動物鼻腔中相類似的嗅覺細胞，又未看到任何和昆蟲身體上所具有的可能有嗅覺功用的腔栓結構，因此我們不能承認史瓦拜的假說；即史瓦拜所說的特殊感官附有若干小孔和特殊神經也未看到，我們祇見有一彎轉劍鞘體，此一劍鞘體我們相信與聽覺有關，並沒有嗅覺的功用。

我們這篇研究，目的在將蝗科昆蟲腹聽器的結構了解淸楚。根據我們研究的結果，知道腹聽器的結構很複雜，這對於蝗科昆蟲的聽覺生理上必然是有密切關係的；因此我們在此處根據形態研究的結果提出幾種意見，以供進一步研究聽覺生理的參考。

(1) 聽膜上各種幾丁聽體是神經末梢(劍鞘器)的附着點。

(2) 當聽膜振動時，膜下諸劍鞘器也必引起振動，因此喚起聽覺。

(3) 梨狀體單獨位於薄膜之中央，可能爲接受高頻率和小振幅音波的結構。

(4) 複聽體所在處聽膜較厚，因此吾人推想它有接受低頻率和大振幅音波的功用。

(5) 聽膜的中部有多數環狀細紋，類似同心圓，圓心在梨狀體和複聽體之間，此種結構在收受音波時對聽覺可能有很大的作用。

參 考 文 獻

1. 吳福楨 1951. 中國的飛蝗。上海永祥印書館。
2. Baier, L. J. 1930. Contribution to the physiology of stridulation and hearing in insects. Zool. Jahr. Abt. Zool. u. physiol. **47** :151-248
3. Debaisieux, P. 1934. Les organes scolopidiaux des insects. L'organe subgèual des fourmis. Ann. Soc. sci. Bruxelles. Sèr. B. **54**: 338-45.
4. Debauche, H. 1935. Les organes sensoriels antennaires de Hydropsyche longipennis curt. La Cellule. **44**: 45-83.
5. Deegener, p. 1928. Sinnesorgane. *In* Schröder's Handbuch der Entomologie, Jena. **1**: 160-67.
6. Eltringham, H. 1933. The senses of insects. London, Methuen & Co. 8-126 p., 25 fig.
7. Graber, V. 1876. Die tympanlen Sinnesorgane der Orthopteren. Denkschr. Akad. Wiss. Wien. **36** (2): 1-140, 10 pl.
8. ———— 1882. Die chorodotonalen Sinnesorgane und das Gehör der Insekten. I. Morphologischr Teil. Arch. mikr. anat **20**: 506-640.
9. Hers J. 1938. Organe tympanal du Schistocerca gregaris Forsk. C. R. Ve. Conf intern. Rech. antiacrid. Bruxelles. p. 434-45,2 pls.
10. Imms, A.D. 1948. A general textbook of entomology. London. Methuen & Co, 727 p., 624 fig.
11. Pearson, A.A. & S.L. O' Neill. 1946. A silver-gelatin method of staining nerve fibers. Anat. Rec. **95**: 297-301.
12. Schwabe, J. 1906. Beiträge zur Morphologie und Histologie der tympanalen Sinnesaparate der Orthopteren. Zoologica, **20** (50): 1-154, 5 pls.
13. Uvarov, B. P. 1928. Locusts and grasshoppers: A handbook for their study and control. London, Imperial Brueau of Entomology, 352 p., 118 fig., 9 pl.
14. ———— 1948. Recent advances in acridology: anatomy and physiology of Acrididae. Roy. ent. Soc. London (Trans). **99**: 1-75.
15. Wigglesworth, V. B. 1942. The principles of insect physiology. London, Methuen & Co., 8+434p, 316 fig.
16. Wu, C. F. 1935. Catalogus insectorum sinensium (catalogue of Chinese insects) Fan. Mem. Inst. Biol. **1**: 115-214.

The abdominal tympanal organs of some acrididae

Fontzou Hsü; Wi-Teh Liu and Lie-Mei Shen

(Academia Sinica)

The abdominal tympanal organs were first described by De Geer in 1804 and subsequently studied by several other authors (Graber, 1876, 1882; Schwabe, 1906; Hers, 1938; etc.). On account of the regional difference of the world insect fauna, the species studied by the former authors are either uncommon or even absent in China. On the

other hand, such organs of numerous common and injurious acridids of China had not been investigated.

For the presents study three species, ***Acrida turrita*** L, ***Locusta migratoria manilensis*** Mey. and ***Oxya intricata*** St., are used. They were fixed in the solution of Duboscq-Brasil and the paraffin sections or the whole mount preparations were generally stained in Heidenhain's haematoxylin.

Of all species studied the tympana are semicircular in shape; they are surrounded by three chitinous pieces, i.e., a stigmal field, a border ring and a pad. In ***Oxya***, the tympanal cover is very rudimentary as compared with those of the other two species, while in ***Locusta migratoria*** the pad is extremely developed. According to the external features the tympanum may be divided into two distinct areas: the anterior and the posterior fields. There are four chitinous tympanal bodies. Only the pear-shaped body occupies an isolated position while the three others (cone-shaped, stalk-shaped and furrow-shaped bodies) are intimately connected to form a tympanal complex. From the histological investigations the authors attempted to classify all the scolopidia issuing from a single tympanal ganglion into four groups (the isolated, basal, lateral and inflected scoloparia) each of which is associated with one of the above-mentioned tympanal bodies. The characteristics of the scolopidia were described in detail.

As a result of this work the authors were able to confirm that the pear-shaped body is a solid structure and to prove that the furrow-shaped body is not a respiratory organ as suggested by Schwabe.

Although the aim of the present research is to gain a clear understanding of the structures of the acridid abdominal tymapnal organs, the analyses of those complex structures lead them to suggest the following points in the hope that they may serve as a basis in futher physiological studies of insect hearing:

(a) The various chitinous tympanal bodies of the tympanum serve for the attachment of the nerve endings (scoloparia).

(b) When the tympanum vibrates, the scoloparia must correspondingly be caused to vibrate, hence to call up the sensation of hearing.

(c) The pear-shaped body which is situated singly in the central part of the delicate tympanum is supposed to be sensitive to sound waves of high frequencies and small amplitudes.

(d) Because the tympanal complex is firmly incorporated in the thickened part of the tympanum, it is inferred that it is capable of receiving the sound waves of low frequencies with large amplitudes.

(e) In the middle part of the tympanum there are striations somewhat like concentric circles with a common center between the pear and cone-shaped bodies. These lines may play some important rôle in the reception of sound waves.

圖中縮寫字的解釋

Am. 中圈壁突節 middle row parietal thickening

Ab.	基圈壁突節	basal row parietal thickening
Abl.	第一腹節	first abdominal segment
Af.	軸線	axial fiber (Achsenfaden)
Bp.	柄狀體的基片	basal plate of the stalk-shaped body
Bs.	基部劍梢器	basal scoloparium
C.	錐狀體	cone-shaped body
Cc.	錐狀體腔(錐腔)	cone cavity
Cd.	末端細胞	distal cell
Cm.	中間細胞	middle cell
Cs.	感覺(神經)細胞	sense cell (or nerve cell)
Cu.	表皮	Cuticle
Ep.	柄狀體的梢片	end plate of the stalk-shaped body
ep.	表皮細胞	epithelial cell
F.	溝狀體	furrow-shaped body
Fs.	支持纖絲	supporting fiber
Ins.	彎轉劍梢器	inflected scoloparium
Is.	單獨劍梢器	isolated scoloparium
K.	鞘頂結	apical body
L.	足	leg
Ls.	側面劍梢器	lateral scoloparium
Mt.	小刺	microtrichia
Nd.	末端細胞的核	nucleus of distal cell
Nm.	中間細胞的核	nucleus of middle cell
Ns	感覺細胞的核	nucleus of sense cell
Nn.	神經細胞的核	nucleus of neurolemmal cell
P.	梨狀體	pear-shaped body
Pa.	墊板	pad
R.	邊圈	chitinous border ring
S.	柄狀體	stalk-shaped body
Sc.	劍鞘體	scolopala (sense rod)
Sf.	氣孔板	stigma field
Sp.	氣孔	spiracle (stigma)
T.	聽膜	tympanum
Tc.	聽蓋	tympanal cover
Tfa.	前聽區	anterior tympanal field
Tfp.	後聽區	posterior tympanal field
Tg.	聽神經節	tympanal ganglion
Th.	胸	thorax
Tn.	聽神經	tympanal nerve
To.	聽器	tympanal organ
V.	空泡	vacuole
W.	翅	wing

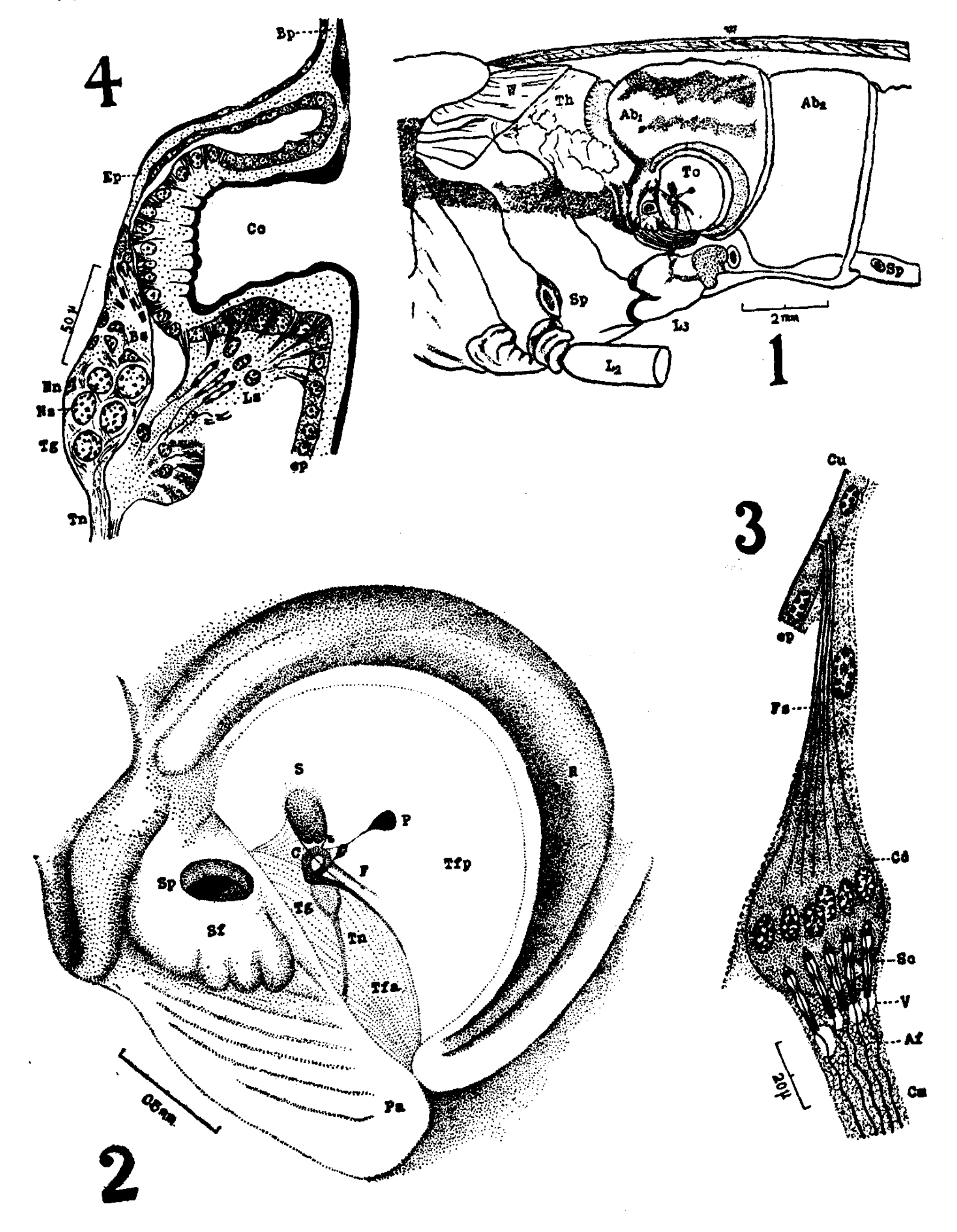
第一圖版

圖 1. 稻蝗胸腹的一部份的側面觀，示腹聽器的位置。

圖 2. 稻蝗左腹聽器的放大。

圖 3. 稻蝗單獨劍梢器的末端部份。

圖 4. 稻蝗腹聽器的縱切，切片經過錐狀體和柄狀體。

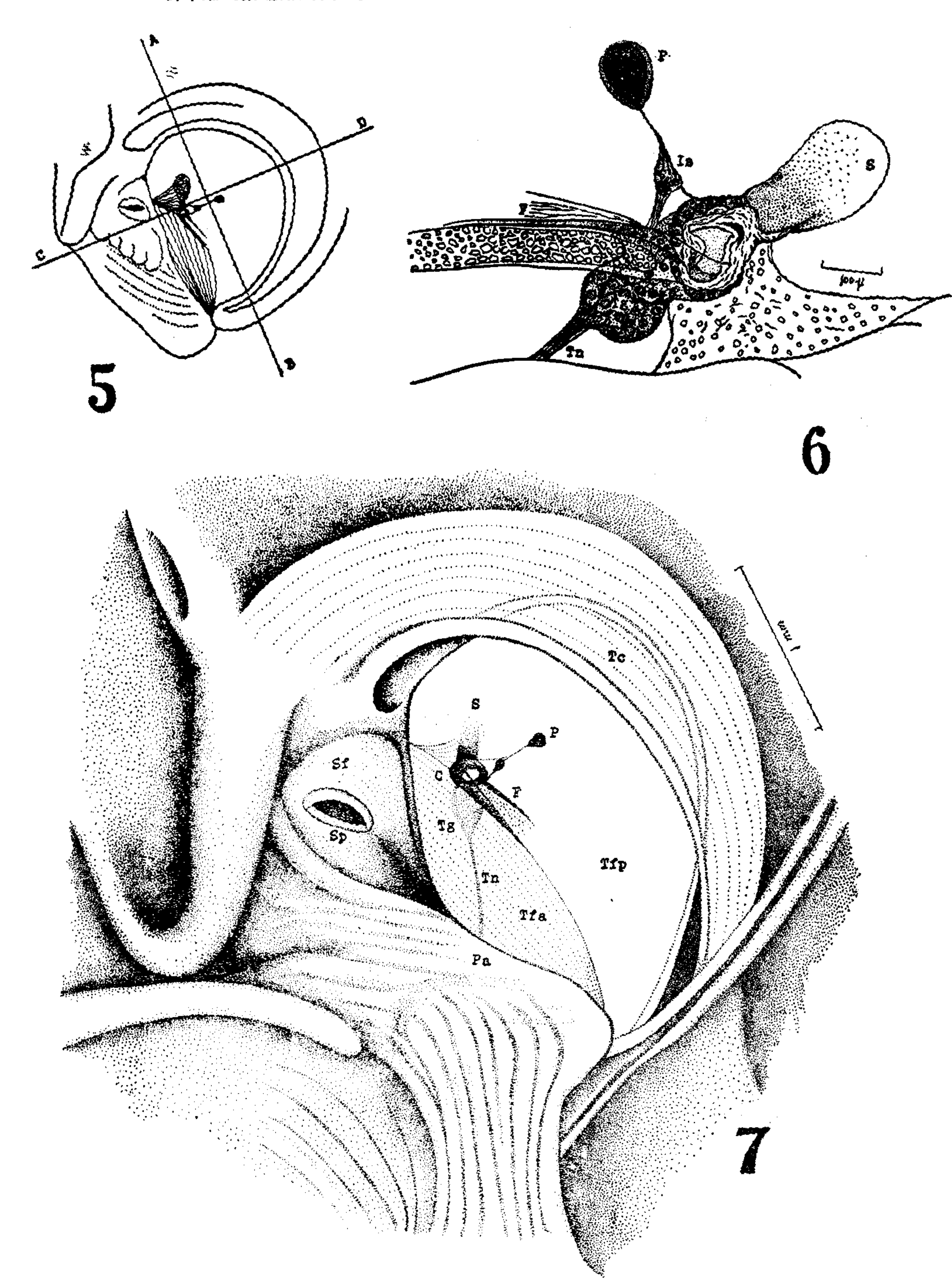


第二圖版

圖 5. 稻蝗腹聽器的簡圖，示 AB 和 CD 二假定線的方向。

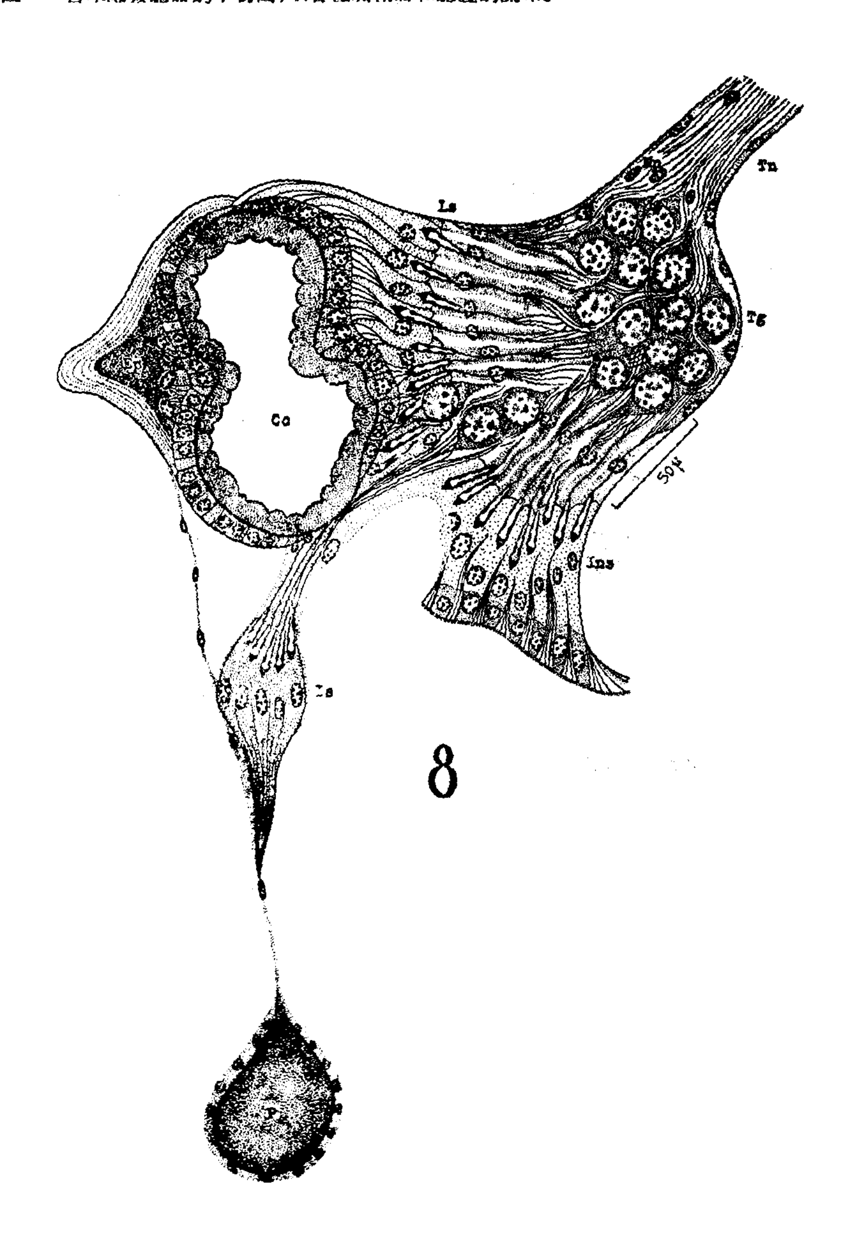
圖 6. 稻蝗聽膜的一部份，示聽膜上各種幾丁聽體。

圖 7. 舂米郎左腹聽器的放大。



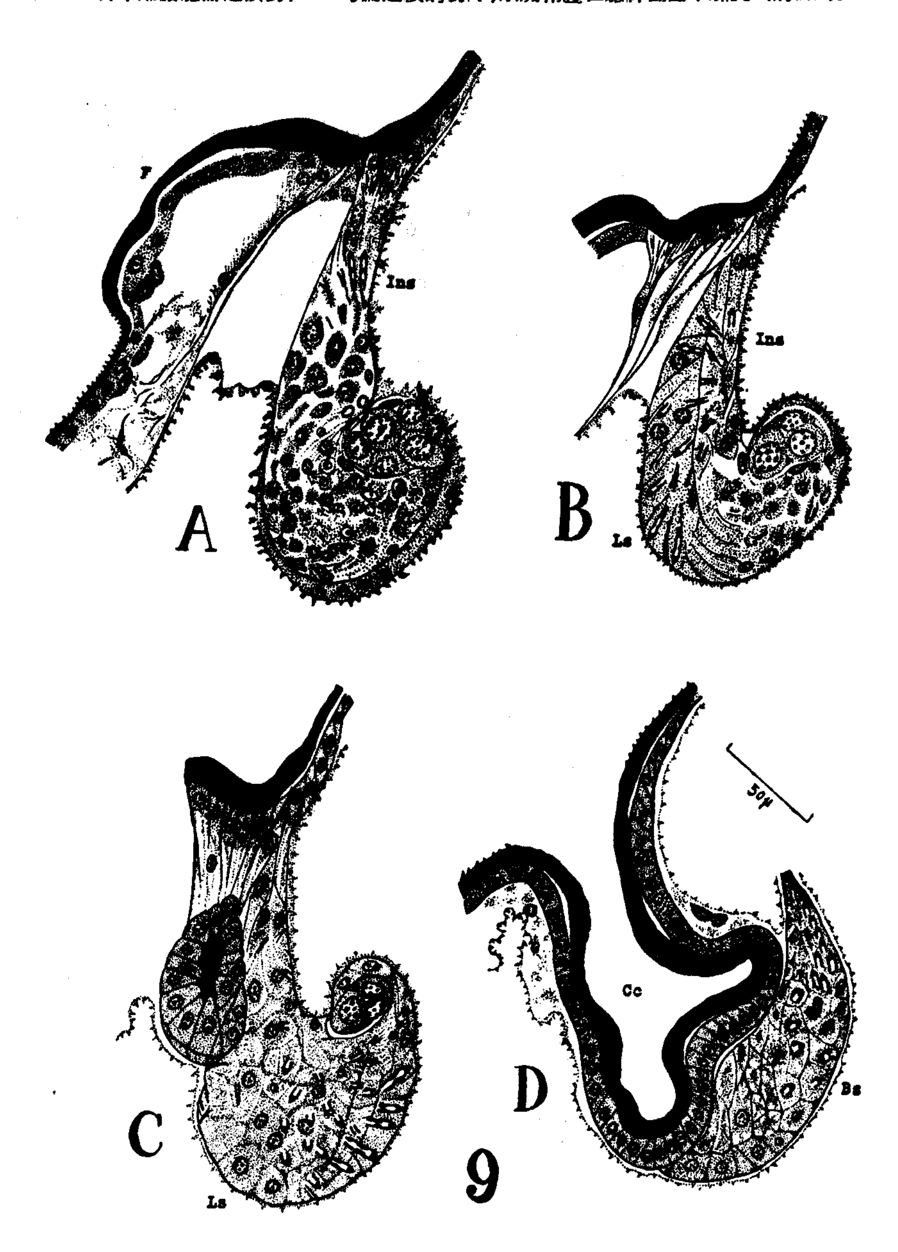
第 三 圖 版

圖 8. 春米郎腹聽器的平切面，示各種側鞘器和聽體的關系。



第四圖版

圖 9. 舂米郎腹聽器之橫切，A-D 乃爲連續的切片，示側鞘體在聽神經節中螺旋式的排列。



第 五 圖 版

圖 10. 稻蝗聽膜的橫切。A. 經過前聽區；B. 經過後聽區。

圖 11. 梨狀體的切面。A. 稻蝗(橫切)；B. 春米郎(縱切)。

圖 12. 稻蝗錐狀體壁上兩個表皮細胞，示基部細胞質中的纖維。

圖 13. 劍鞘器單元的簡圖。A. 縱切；B. 橫切。

圖 14. 稻蝗彎轉劍鞘器中的末端細胞，示原形質橋和纖維。

